



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

DOKUMENTACE HRADIŠTĚ U SNOVÍDEK

DOCUMENTATION OF THE FORTIFICATION NEAR SNOVÍDKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jitka Cafourková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. VLASTIMIL HANZL, CSc.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jitka Cafourková
Název	Dokumentace hradiště u Snovídek
Vedoucí práce	doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Plaček, M.: Ilustrovaná encyklopedie moravských hradů, hrádků a tvrzí. Libri 2007.

Dejmal, M., Plaček, M.: Dokumentace torzálních feudálních sídel. Archaia Brno 2015.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Zaměřte hradiště u Snovídek geodetickou metodou. Body na terénu volte tak, aby podrobně zachytily významné tvary - valy a příkopy. Vytvořte mapu s vhodným intervalem vrstevnic. Vrstevnice a vizualizaci terénní plochy vytvořte v software Atlas. Vytvořte dva řezy hradištěm.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá vytvořením vrstevnicového plánu v měřítku 1:250 a vizualizací terénní plochy hradiště Hrádek u Snovídek. V rámci vyhotovení probíhaly měřičské, výpočetní a grafické práce. Mezi použité metody patří metoda GNSS, polygonový pořad a tachymetrická metoda. Kontrola byla provedena nezávislým měřením dvou kontrolních profilů. Pro zpracování byly použity primárně programy Groma v.11, Microstation PowerDraft V8i Select a Atlas DMT. Lokalita byla umístěna do souřadnicového a výškového systému S-JTSK a Bpv. Přesnost je vyhovující pro 3. třídu přesnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vrstevnicový plán, vizualizace terénní plochy, tachymetrie, kontrolní profil, S-JTSK, Bpv, Hrádek u Snovídek,

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with the creation of a contour plan in the scale of 1: 250 and visualization of the terrain area of the Fortification near Snovídky. Measuring, computing and graphic work was carried out. The methods used include the GNSS method, the traverse and the tachymetric method. The inspection was performed by independent measurement of two control profiles. Primary Groma v.11, Microstation PowerDraft V8i Select and Atlas DMT were used for processing. The location was placed in the coordinate system S-JTSK and elevation system Bpv. Accuracy is suitable for Class 3 accuracy.

KEYWORDS

Contour plan, visualization of the terrain area, tachymetry, control profile, S-JTSK, Bpv, Fortification near Snovídky

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jitka Cafourková *Dokumentace hradiště u Snovídek*. Brno, 2018. 30 s., 4 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie.
Vedoucí práce doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 20. 5. 2018

Jitka Cafourková
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce doc. Ing. Vlastimilovi Hanzlovi, CSc. za cenné rady, připomínky a přátelský přístup během vypracování bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat kolegyni Kristině Osolsobě za pomoc při měřičských pracích a své rodině za skvělé zázemí a podporu.

Obsah

1	Úvod	10
1.1	Cíl práce.....	10
2	Představení lokality	11
2.1	Popis hradiště.....	12
2.2	Vývoj hradiště.....	12
3	Přípravné práce	13
3.1	Rekognoskace terénu.....	13
3.2	Volba přístrojů a pomůcek	14
3.2.1	Zařízení GNSS	14
3.2.2	Totální stanice	14
4	Měřičské práce	15
4.1	Tvorba pomocné měřičské sítě	15
4.1.1	Technologie GNSS – metoda RTK.....	16
4.1.2	Polygonový pořad vetknutý, oboustranně orientovaný.....	16
4.2	Měření podrobných bodů.....	16
4.2.1	Tachymetrická metoda	17
4.3	Měření bodů kontrolních profilů	17
5	Výpočetní práce	19
5.1	Souřadnice bodů pomocné měřičské sítě.....	19
5.2	Výpočet podrobných bodů.....	20
5.3	Výpočet bodů kontrolních profilů	20
5.3.1	Testování přesnosti výškopisu	21
6	Grafické práce	23
6.1	Vytvoření podkladů pro tvorbu vrstevnic.....	23
6.2	Generace vrstevnic a tvorba plánu.....	24
6.3	Digitální model terénu	24
6.4	Kontrolní profily.....	24
7	Závěr	25
8	Seznam použité literatury	26
9	Seznam použitých zkratk	28

10	Seznam obrázků a tabulek	29
10.1	Seznam obrázků.....	29
10.2	Seznam tabulek.....	29
11	Seznam příloh	30

1 Úvod

I když jde vývoj techniky a mapování dopředu, geodetické metody měření mají stále své místo při dokumentaci zájmových území. Digitální modely reliéfu nebo povrchu jsou dnes volně dostupné. Jejich podrobnost je ovšem pro většinu prací nedostatečná. Přeci jen přichází na řadu práce geodetů.

Geodetické práce jsou potřeba pro spoustu jiných pracovních odvětví. Ve své bakalářské práci poukazuji na konkrétní provázání geodézie a archeologie. Ty nejmenší hrádky až ty nejmohutnější zříceniny nám připomínají jak různorodý a jak složitý byl středověký svět. Všechny tyto sídla jsou součástí našeho kulturního dědictví a je na nás je zdokumentovat, prozkoumat a objevovat.

Hrádek u Snovídek je již zaniklý hrad. Na místě zůstaly patrně pouze uměle vytvořené terénní úpravy – valy a příkopy. Podle mého názoru patřil spíše k menším sídlům, ale i tak jeho zaměření může pomoci rozšířit znalosti osídlení této lokality.

První část práce se snaží zadanou lokalitu představit. Věnuje se charakteristice hradiště a jeho vývoji. Další část popisuje průběh rekognoskace terénu a volbu přístrojů. Následuje část zabývající se měřičskými pracemi a kontrolním měřením. V předposlední části se věnuji zpracování naměřených dat, výpočtu zápisníků. Nakonec je popsán postup při tvorbě vrstevnicového plánu a tvorbě digitálního modelu terénu.

1.1 Cíl práce

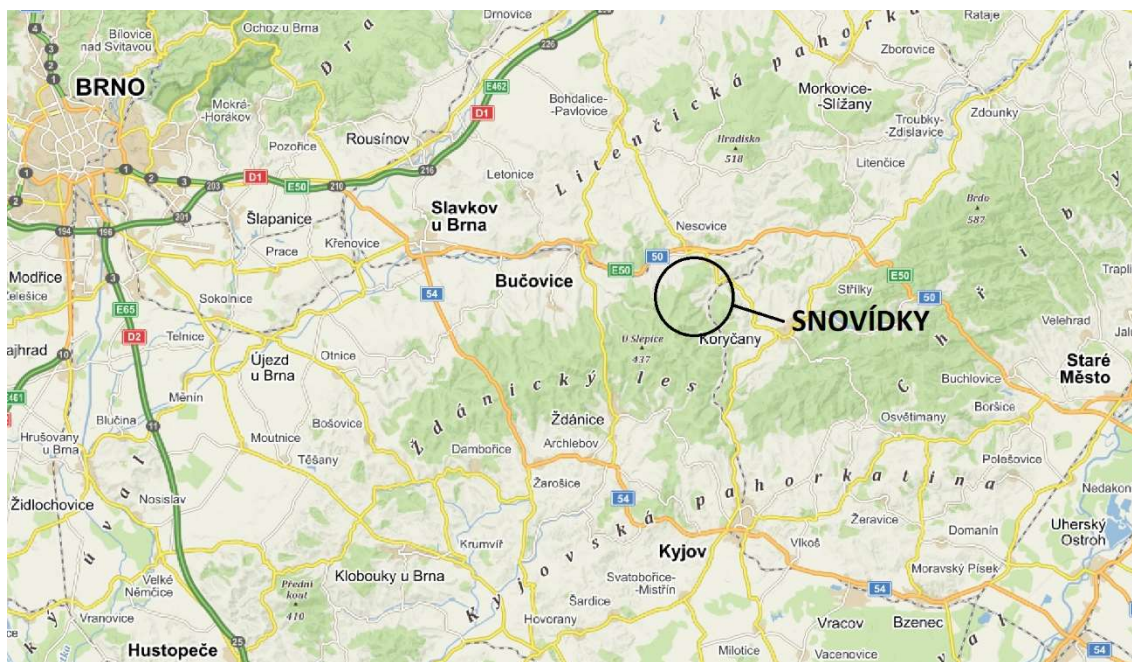
Cílem bakalářské práce je umístění lokality Hrádek u Snovídek do souřadnicového a výškového systému S-JTSK a Bpv a vytvoření jeho vrstevnicového plánu. Dalším výstupem práce je vizualizace terénní plochy hradiště.

2 Představení lokality

Jihovýchodně od Brna začíná pahorkatina Ždánický les táhnoucí se východním směrem k vrchovině Chříby. V roce 1996 byl vyhlášen přírodním parkem za účelem zachování zdejších lesů. Pro Ždánický les jsou charakteristické hluboké listnaté lesy, které často skrývají nejedno tajemství. Ždánicko je území s bohatým pravěkým a středověkým osídlením a o archeologické památky zde není nouze. [1]

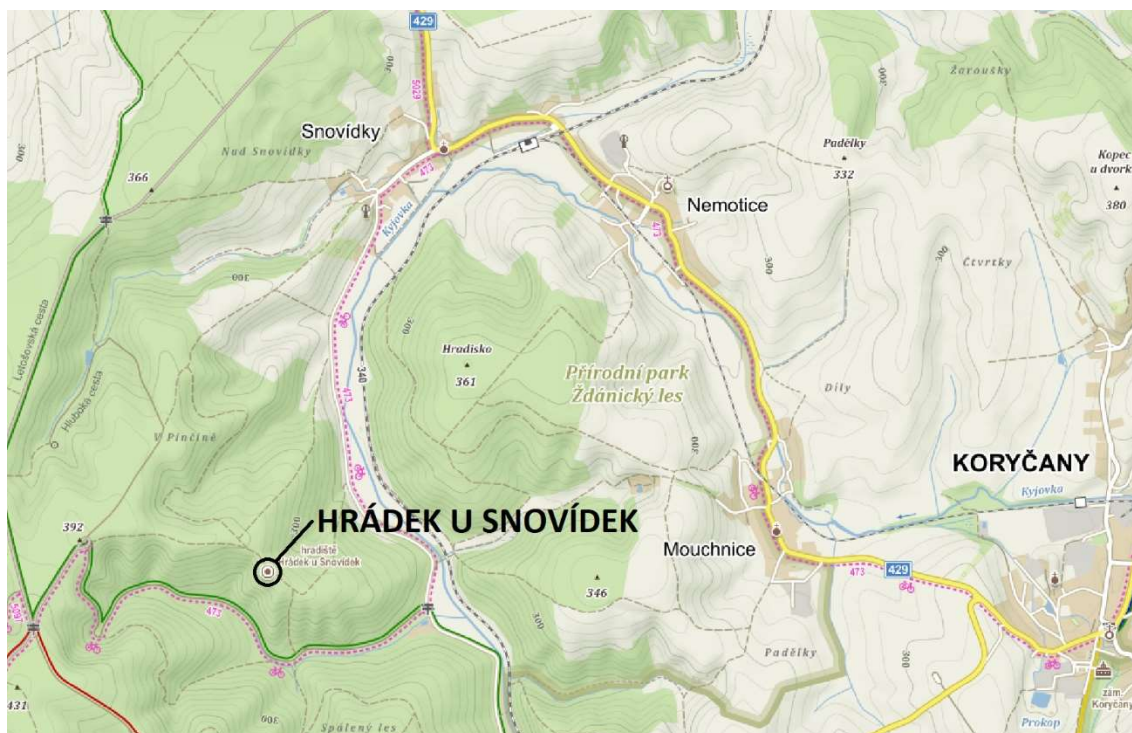
Lokalita se nachází v bukovém lese v severovýchodní části Ždánického lesa. Lokalizace hradiště v širším kontextu je vidět na obrázku 1. Když se k hradišti přibližujete, vidíte pouze obyčejný kopec, který není na první pohled ničím zvláštní. Až když vystoupáte na pomyslný vrchol, napadne vás, že tohle musel vytvořit člověk. Jak je uvedeno v některých článkách, skutečně vás na tomto místě přepadne jakési tajemno a zvláštní pocit.

Hradiště Hrádek u Snovídek představuje reliéf nepravidelného objektu na vrcholu kopce na severní straně bočního údolí Stupavy, které se nazývá Peklový žleb. Leží necelé 3 km jihozápadně od Snovídek. [2]



Obrázek 1: Lokalizace hradiště – širší kontext [3]

Oblast je zprvu přístupná z obce po asfaltové cestě směrem k rekreačnímu táboru Haluzická hájenka. Po 1 km je nutné odbočit na strmou polní cestu, která postupuje do lesa. Lesní cesta nás dovede k vrcholu nazývaném právě Hrádek, kde se nacházejí pozůstatky hradiště. Detailnější lokalizace hradiště je vidět na obrázku 2.



Obrázek 2: Lokalizace hradiště – detail [3]

2.1 Popis hradiště

Opevnění zaujímá výřez ve tvaru napjatého luku na zvýšené šíji oboustranně se rozšiřujícího hřbetu. Ze tří stran je chráněn příkopem a nízkým valem. Na čtvrté straně, která strmě spadá do Peklového žlebu, se nachází pouze terénní stupeň v šířce příkopu. Příkop je 10 m široký a stále 3 m hluboký. Velkou část obvodu rozlehlé vnitřní plochy (osy 45 a 30 m) vymezuje 1 m vysoká hrázka po obvodovém opevnění. [2]

Hojná přepálená mazanice ukazuje na provedení z dřevo-hlinitých konstrukcí a zánik požárem. Povrchové sběry byly bohužel jinak negativní. Rovinný povrch lokality neposkytuje představu o zástavbě, v západním cípu snad mohlo být vloženo nějaké stavení. [2]

2.2 Vývoj hradiště

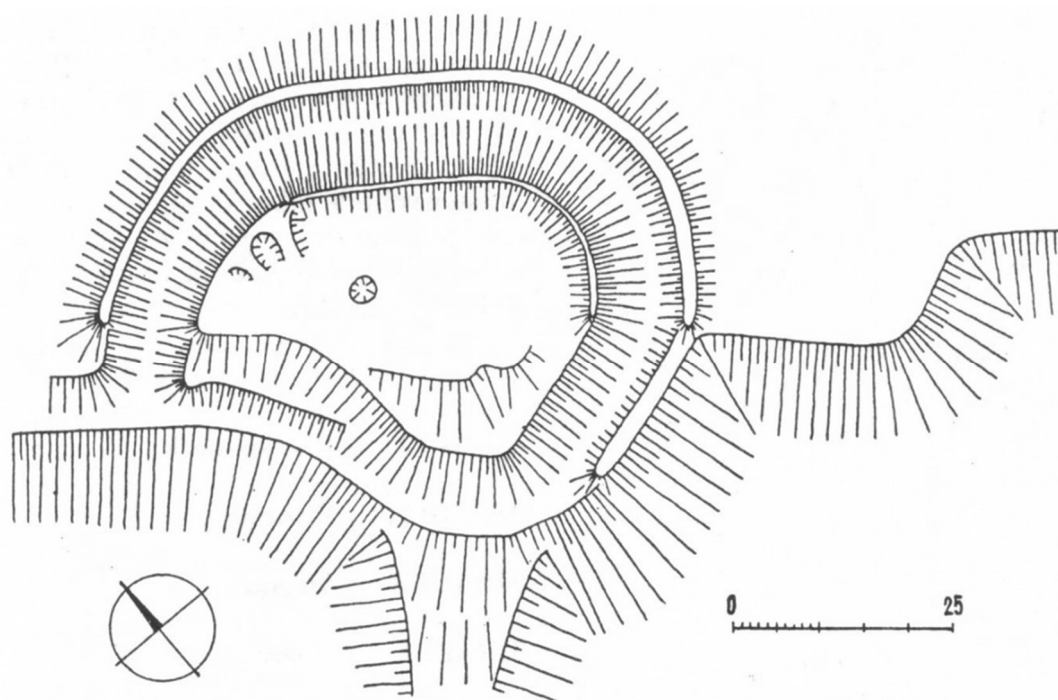
Přiřazení sídla k nějakému osídlení je problém. O Snovídkách a jim blízkých zaniklých Lovíškách nemůže s ohledem na vzdálenost 3 km uvažovat. Nadějnější je Březová. Nacházela se v údolí Stupavy, snad při ústí Peklového žlebu. Od roku 1356 patřila k větším panstvím a pokud tvořila zázemí Hrádku, bylo to před tímto datem. Březová byla už roku 1446 zaniklá a její území připadlo k Mouchnicím. [2]

O původu opevnění na Hrádku není definitivně rozhodnuto. Vedle středověku, který je vzhledem k charakteru fortifikace a jejímu dochování pravděpodobnější, může pocházet i z pravěku, konkrétně z halštatu, jehož opevněné lokality se na území Ždánického lesa vyskytují poměrně často. Definitivní rozhodnutí v otázce zařazení a datování Hrádku spočívá opět v rukách archeologů. [2]

3 Přípravné práce

Před samotnou návštěvou a rekognoskací byla zjištěna přesná poloha lokality a možnost přístupu. Ty jsou popsány v kapitole 2. Od vedoucího práce byl zadán rozsah zaměřovaného území. Jelikož se jedná o pozůstatky středověkého hradiště, které se nacházejí na vyvýšenině, nebylo složité určit přesné vymezení lokality. Lokalita byla stanovena obvodovými hranami hradiště a 10–20 m za ni, pokud je to možné.

Byly hledány dostupné podklady pro pomoc při mapování terénu. Jako podklad byl použit terénní náčrt lokality z *Ilustrované encyklopedie moravských hradů, hrádků a tvrzí* z obrázku 3.



Obrázek 3: Hrádek u Snovídek – terénní náčrt lokality [2]

3.1 Rekognoskace terénu

Rekognoskace byla provedena 15. 10. 2017. Jedním z hlavních účelů bylo posouzení polohového připojení do S-JTSK a výškového připojení do systému Bpv. Nejbližším bodem je trigonometrický bod 18 (4408) U králičí díry [11], ovšem pro účely měření nešel použit (příliš daleko). Bodové pole v okolí lokality bylo tedy pro měřičské práce nedostatečné. Bylo navrženo vybudovat pomocnou měřičskou síť pomocí metody GNSS – RTK a polygonového pořadu.

Dalším účelem bylo prozkoumání antropogenních reliéfních tvarů – valů a příkopů. Jejich vzhled a lokace jsou popsány v kapitole 2.1. Také byla posouzena časová a technická náročnost dokumentace. Měřičské práce na lokalitě byly odhadnuty na 4 dny. Vzhledem ke křovinatému porostu na východní straně, bylo nutné provést měřičské práce v období vegetačního klidu, tedy na podzim nebo brzy zjara.

3.2 Volba přístrojů a pomůcek

Přístroje a pomůcky pro měření byly vypůjčeny z přístrojového vybavení Ústavu geodézie, Fakulty stavební, VUT v Brně. Pomůcky pro stabilizaci bodů (kladivo a dřevěné kolíky) a doplňující měření (svinovací metr) byly zajištěny z vlastních zdrojů.

3.2.1 Zařízení GNSS

K učení pomocné měřičské sítě byl zvolen přijímač GNSS – RTK Trimble R4 3. generace, v. č. 5345446904. Součástí aparatury je dvoumetrová výtyčka s držákem pro kontrolér a další příslušenství. Technické parametry přístroje jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Technické parametry GNSS přijímače Trimble R4 [15]

Podporované systémy	GPS, GLONASS	
Komunikace	Bluetooth	
Čas inicializace	< 8 s	
Přesnost metody RTK s VRS	v poloze	8 mm + 0.5 ppm
	ve výšce	15 mm + 0.5 ppm

3.2.2 Totální stanice

Pro zaměření polygonového pořadu, podrobných bodů a kontrolních profilů byla zvolena totální stanice Trimble M3, v. č. D036268 a D036267 se stativem, odrazným hranolem a dalším příslušenstvím. Technické parametry přístroje jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Technické parametry totální stanice Trimble M3 [14]

Dalekohled	zvětšení		30krát
	min. délka zaostření		1.5 m
Úhlové měření	min. čtení		1''/5''/10'' (0.2/1.0/2.0 mgon)
	přesnost		3'' (1.0 mgon)
Délkové měření	hranol	rozsah	3 mm + 2 ppm
		přesnost	až 3000 m
	bez hranol	rozsah	až 300 m
		přesnost	3 mm + 2 ppm



Obrázek 4: Přijímač Trimble R4 a totální stanice Trimble M3 [14, 15]

4 Měřičské práce

Měřičské práce probíhaly hlavně v říjnu 2017, poté 1. 12. 2017 a 9. 4. 2018 z důvodu časových, klimatických a vegetačních podmínek. Harmonogram prací je uveden v tabulce 3.

Tabulka 3: Harmonogram měřičských prací v terénu

15. 10. 2017	Rekognoskace terénu
19. 10. 2017	Tvorba pomocné měřičské sítě (metoda GNSS, polygonový pořad)
20. 10. 2017	Měření podrobných bodů č. 1–328
21. 10. 2017	Měření podrobných bodů č. 329–477
01. 12. 2017	Přeměření pomocné měřičské sítě
09. 04. 2018	Měření bodů kontrolních profilů

4.1 Tvorba pomocné měřičské sítě

Lokalita hradiště se nachází v listnatém lese. U východní strany je les vykácen a je zde vysázen nový, nízký porost. Tato situace umožnila pro připojení do polohového a výškového systému zvolit metodu GNSS – RTK. Na každém bodě bylo měření opakováno 2krát s odstupem 3 hodin, kvůli nezávislé kontrole souřadnic. Protokoly o měření GNSS jsou uvedeny v příloze 01.1. Body určené technologií GNSS jsou uvedeny v tabulce 4.

Ostatní body byly určeny pomocí vetknutého oboustranně orientovaného polygonového pořadu s připojením na body určené GNSS. Vzhledem k členitosti terénu nemohla být dodržena minimální délka strany polygonového pořadu 50 m. Po konzultaci s vedoucím práce byla tato podmínka přehlédnuta. Největší délka v pořadu je 27.60 m, nejmenší 21.90 m. Body určené polygonovým pořadem jsou uvedeny v tabulce 4.

Před měřením byla nastavena konstanta hranolu (-30 mm). Délky v měřičské síti byly měřeny 2krát a opraveny o fyzikální redukce (z teploty a tlaku vzduchu) podle tehdy aktuálních parametrů zadaných do totální stanice. Matematické redukce při měření nebyly uvažovány, nastaven byl měřítkový faktor 1.0000000000. Úhly byly měřeny v 2 polohách dalekohledu. Výšky byly určeny trigonometricky. Vzhledem k měřeným vzdálenostem (do 50 m) nebylo třeba uvažovat vliv refrakce ani zakřivení Země. [16]

Sít' pomocných měřičských bodů byla zvolena v hustotě nezbytné pro zaměření podrobných bodů. Kvůli nezpevněnému charakteru terénu byly body pomocné měřičské sítě stabilizovány dřevěnými kolíky a pro snadnější hledání nastříkány reflexním sprejem.

Tabulka 4: Body pomocné měřičské sítě a jejich způsob určení

Bod	Způsob určení	Bod	Způsob určení
751481000014001	GNSS	751481000015001	PP
751481000014002	GNSS	751481000015002	PP
751481000014003	GNSS	751481000015003	PP
751481000014004	GNSS	751481000015004	PP
751481000014005	GNSS		

4.1.1 Technologie GNSS – metoda RTK

Globální navigační satelitní systémy jsou jednou z moderních geodetických metod určování prostorové polohy a navigace. GNSS nyní využívá plně systém GPS (USA) a GLONASS (Rusko), vývoj probíhá na evropském Galileo a čínském Beidou-2. [4] Existuje několik metod měření technologií GNSS. Pro určení bodů pomocné měřičské sítě jsem zvolila v současnosti nejpoužívanější metodu měření RTK.

V základní konfiguraci se měřicí aparatura skládá z přijímače po dobu měření umístěného na bodě o známých souřadnicích, tzv. „base“, a z přijímače, který se pohybuje po určených nebo vytyčovaných bodech, tzv. „rover“. Měření je počítáno v reálném čase, výsledné souřadnice získáváme během měření. Mezi base a rover musí být permanentní datové spojení. Jako známý bod využívá tzv. síť referenčních stanic. Data poskytuje např. ČÚZK službou CZEPOS. Base může být nahrazen sítí virtuálních stanic, pak měření probíhá pouze s jedním přijímačem s trvalým připojením na internet k poskytovateli korekcí. Dosahuje přesnosti 25–50 mm. [5, 6]

4.1.2 Polygonový pořad vetknutý, oboustranně orientovaný

Polygonový pořad patří mezi nejčastější metodu určení souřadnic nových bodů zejména v málo přehledném terénu. Je základem pro vytvoření a stabilizaci bodového pole na měřené lokalitě. Body vytvořené polygonovým pořadem se díky své přesnosti mohou využívat na stanoviška nebo orientace. [7]

Tento typ polygonového pořadu poskytuje nejvyšší přesnost díky souřadnicovému a zároveň úhlovému vyrovnaní. Z tohoto důvodu byl vybrán. Souřadnice počátečního a koncového bodu a souřadnice orientačních bodů jsou známy. Měří se vzdálenosti mezi body a vrcholové úhly. Minimální délka strany je 50 m. [8]

4.2 Měření podrobných bodů

Pro měření podrobných bodů byla zvolena tachymetrická metoda měření, jelikož bylo nutné současně měřit polohopis i výškopis. Jako stanoviška byly voleny body pomocné měřičské sítě, tedy pevné stanoviško o známých souřadnicích. Orientováno bylo na viditelné body sítě (vždy minimálně na 2 body, délka alespoň na 1 z nich).

Měřenými veličinami byly vodorovné úhly, šikmé délky a zenitové úhly. Před měřením byla zkontrolována konstanta hranolu (-30 mm). Délky byly měřeny 1krát a opraveny

o fyzikální redukce. Matematické redukce při měření nebyly uvažovány, nastaven byl měřítkový faktor 1.0000000000. Měření podrobných bodů probíhalo v 1. poloze dalekohledu. Výšky byly určovány trigonometricky. Vzhledem k měřeným vzdálenostem nebylo třeba uvažovat vliv refrakce ani zakřivení Země.

Předmětem podrobného mapování bylo zaměření významných bodů výškopisu – hran a terénní kostry. Body jsem volila tak, aby co nejpřesněji vystihly charakter zadané lokality. V plochách monotónního spádu byly podrobné body měřeny v rozestupu 5–10 m podle měřítka výstupu práce. Za obvodovými hranami byla změřena alespoň 1 řada podrobných bodů terénu. Na severní a západní straně lokality bylo změřeno řad více, jelikož to umožňoval mírnější spád terénu nebo řidší lesní porost. Kontrola správnosti a homogenita měření byla zajištěna nezávislým určením souřadnic vybraných bodů ze dvou nebo více stanovisek.

Vzhledem k podobě lokality nebyl veden při měření měřičský náčrt. Podrobné body byly v terénu kódovány. Přehled kódů je uveden v tabulce 5.

Tabulka 5: Použité kódy podrobných bodů

Kód	Vysvětlení
hh	Horní hrana
dh	Dolní hrana
t	Terén
ib	Identický bod

4.2.1 Tachymetrická metoda

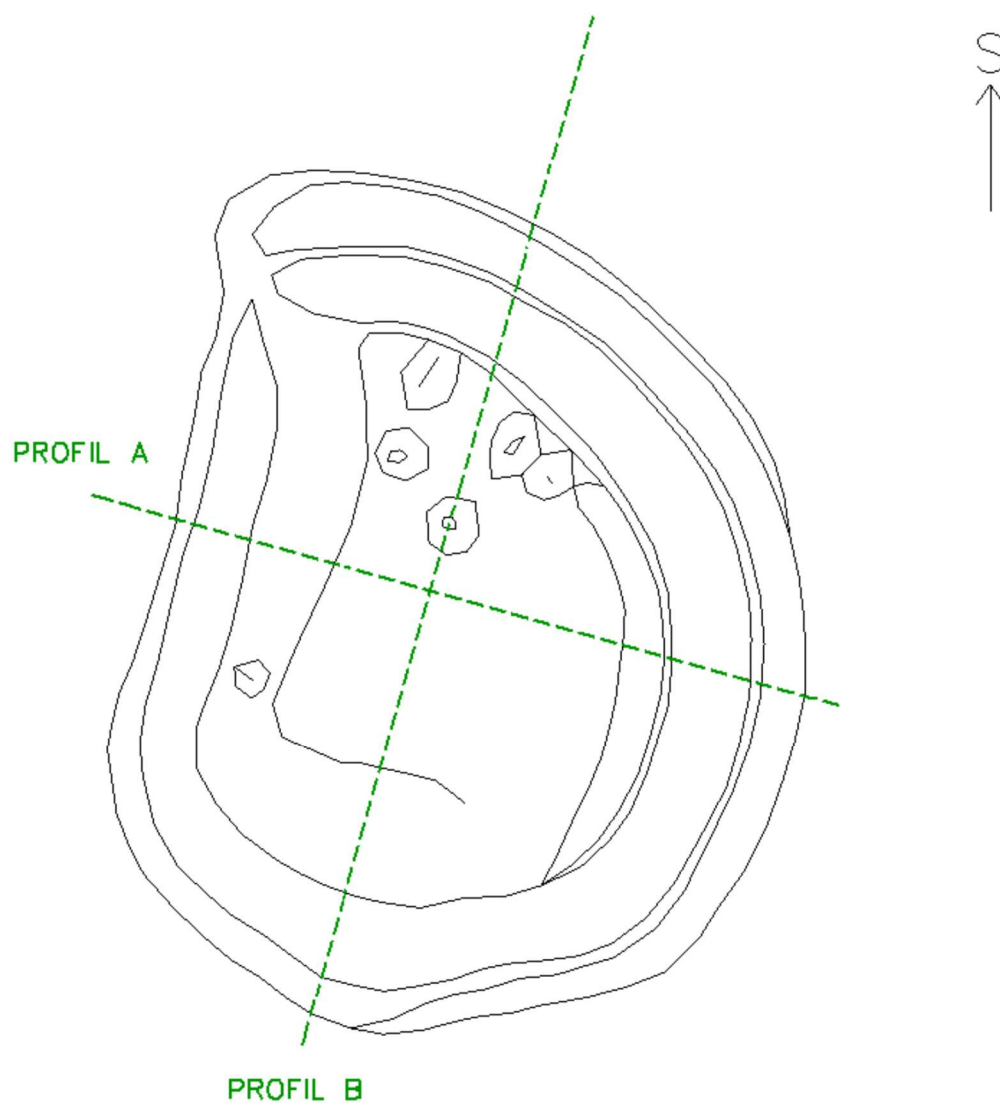
Jeden z nejčastějších způsobů měření podrobných bodů. Polohu bodu určujeme pomocí polárních souřadnic – vodorovného úhlu a délky. Výšky podrobných bodů určujeme trigonometricky ze změřených zenitových úhlů a délek. Vzdálenost určovaného podrobného bodu od stanoviště smí přesáhnout délku spojnice stanoviště s nejvzdálenějším orientačním bodem nejvýše o 1/2. Při měření polární metodou mohou nastat dva případy: polární metoda s pevným stanovištěm (známe souřadnice stanoviště) nebo polární metoda s volným stanovištěm (neznáme souřadnice stanoviště). Zpracování naměřených dat se provádí prostorovou polární metodou. [17]

4.3 Měření bodů kontrolních profilů

Kontrolní měření se provádí pro odstranění hrubých chyb a omylů a pro posouzení dosažené přesnosti výškopisu. Existuje několik způsobů kontrolního měření. Dosažená přesnost výšek podrobných bodů byla ověřena dvěma kontrolními profily napříč lokalitou od západu k východu a od jihu k severu. Umístění obou kontrolních profilů je vidět na obrázku 5. Měřičské práce probíhaly až po zpracování měření podrobných bodů a grafickém vykreslení hran.

Před měřičskými pracemi byly z výkresu obsahující podrobné body a vykreslené terénní hrany zjištěny souřadnice průsečíků terénních hran a konkrétního profilu. Body pro vytyčování byly uloženy do seznamu souřadnic ve formátu *.csv a importovány do totální stanice. Pro vytyčování byl do totální stanice zadán měřítkový faktor 0.9998456252.

Průsečíky byly nejprve polohově vytyčeny, následně byly oba profily nezávisle zaměřeny polární metodou. Měřené délky byly redukovány nastaveným měřítkovým faktorem. Jako stanoviště a orientace byly použity body pomocné měřičské sítě.



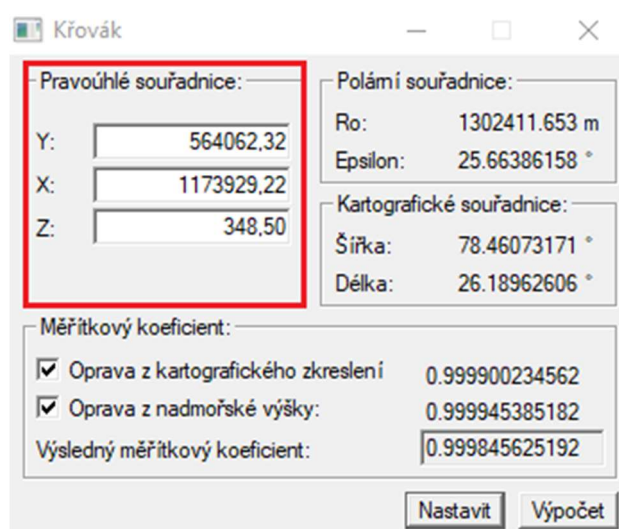
Obrázek 5: Umístění kontrolního profilu A a B v rámci lokality

5 Výpočetní práce

Po dokončení měřičských prací v terénu následovalo zpracování naměřených dat. Veškeré výpočetní práce byly provedeny v prostředí programu Groma v. 11.

Stažená data z totální stanice Trimble M3 byly ve formátu *.asc. Zápisníky byly importovány do prostředí softwaru Groma (v nastavení se musel změnit typ zápisníku Mapa2 a přípona *.asc). Importem došlo také k převodu šikmých délek na vodorovné.

Oprava z kartografického zkreslení a nadmořské výšky byla zavedena právě při importu zápisníků. Hodnoty pro výpočet měřítkového koeficientu jsou vidět na obrázku 6. Použit byl bod 4004, který se nachází zhruba uprostřed lokality. Souřadnice Z byla nastavena přibližně středová. Výsledný měřítkový koeficient pro zadanou lokalitu je 0.9998456252 (-15.4 mm/100 m).



Obrázek 6: Nastavení měřítkového koeficientu

Pro jednodušší práci je číslování pomocných měřičských a podrobných bodů vyjádřeno pouze vlastním číslem bodů. Pomocný měřičský včetně 4001 po číslo 9999, podrobný bod od čísla 1 po 3999.

5.1 Souřadnice bodů pomocné měřičské sítě

Souřadnice bodů 4001–4005 v S-JTSK měřených GNSS byly získány přímo v terénu pomocí transformačního modulu zpřesněné globální transformace Trimble 2013 verze 1.0 z ETRS89. Výsledné souřadnice stanovisek jsou aritmetickým průměrem prvního a druhého měření. Dosažené odchylky dvojího měření jsou uvedeny v digitální příloze 01.1. Body byly uloženy do seznamu souřadnic stanovisek pro další výpočty.

Polygonový pořad byl měřen ve 2 polohách dalekohledu, proto se naměřená data musela nejprve pro další použití zpracovat. Zápisník měření v obou polohách byl počítán pomocí funkce *Zpracování zápisníku*. Vodorovné směry byly redukovány. Protokol o výpočtu opravených směrů z měření je v digitální příloze 01.3. Zpracovaný zápisník byl uložen pro další výpočty.

Před samotnými výpočty v programu Groma byly nastaveny výpočetní tolerance (*Býv. 3. třída přesnosti*) pro standartní měření. Ve funkci *Polygonový pořad* byl zadán počáteční bod 4002 s orientací na bod 4001 a 4004 a koncový bod 4003 s orientací na bod 4005. Typ polygonového pořadu pro výpočet mezní odchylky byl nastaven jako typ *Pomocné body*. Pořad byl načten ze zpracovaného zápisníku polygonového pořadu měřeného ve 2 polohách. Současně byl počítán také výškový pořad. Kontrolně byl určen bod 4004. Výpočet proběhl v rámci výpočetních tolerancí. Protokol o výpočtu je v digitální příloze 01.5. Nové souřadnice bodů byly přidány do seznamu souřadnic stanovisek.

Seznam souřadnic bodů pomocné měřičské sítě je uveden v tabulce 6.

Tabulka 6: Souřadnice bodů pomocné měřičské sítě

Bod	Y [m]	X [m]	Z [m]
4001	564038.58	1173975.93	349.68
4002	564050.74	1173944.01	352.75
4003	564036.92	1173901.58	347.80
4004	564062.32	1173929.22	352.37
4005	564027.75	1173889.84	345.23
5001	564077.26	1173950.68	349.31
5002	564076.50	1173926.09	351.37
5003	564083.96	1173903.09	348.86
5004	564058.51	1173902.42	351.74

5.2 Výpočet podrobných bodů

Souřadnice podrobných bodů byly vypočítány pomocí funkce *Polární metoda dávkou*. Vstupním souborem byl zápisník podrobného měření. Během výpočtu byly kontrolovány odchylky na identických bodech určených vždy ze dvou nebo více stanovisek. Identické body byly číslovány stejným číslem, jejich odchylky jsou uvedeny v protokolu. Žádná z těchto odchylek nepřesáhla povolené hodnoty. Výpočet proběhl v rámci výpočetních tolerancí. Protokol o výpočtu je v digitální příloze 02.2. Určené body byly přidány do seznamu souřadnic podrobných bodů.

5.3 Výpočet bodů kontrolních profilů

Výsledkem měření kontrolních profilů byl zápisník měření obsahující šikmé délky a vodorovné a zenitové úhly. Import do programu byl proveden stejným způsobem, jak je popsáno na začátku kapitoly. Matematické redukce nebyly uvažovány, měřítkový faktor byl zadán při měření do totální stanice. Souřadnice bodů kontrolních profilů byly vypočítány pomocí funkce *Polární metoda dávkou*. Výpočet proběhl v rámci výpočetních tolerancí. Protokol o výpočtu je v digitální příloze 03.2. Pro další zpracování byly souřadnice uloženy do seznamu souřadnic bodů kontrolních profilů.

5.3.1 Testování přesnosti výškopisu

Dosažená přesnost se ověřuje testováním výsledků podle daných kritérií přesnosti stanovené třídy přesnosti dle normy ČSN 01 3410. Kritéria přesnosti pro 3. třídu přesnosti jsou zobrazeny v tabulce 7.

Tabulka 7: Kritéria přesnosti [9]

Třída přesnosti	u_{XY} [m]	u_H [m]	u_V [m]
3.	0.14	0.12	0.50

Charakteristikou přesnosti určení výšek H podrobných bodů výškopisu je základní směrodatná odchylka σ_H . Výšky podrobných bodů jedné třídy přesnosti musí být určeny tak, aby σ_H nepřekročila $3u_H$ u bodů terénního reliéfu (na nezpevněném povrchu). Vrstevnice musí být sestrojeny a zobrazeny tak, aby z nich bylo možno určit výšky bodů terénního reliéfu tak, aby σ_H těchto bodů nepřekročila kritérium u_V . [9]

K testování přesnosti výšek H podrobných bodů se vypočtou pro každý bod výběru rozdíly výšek

$$\Delta H_j = H_m - H_k \quad (1)$$

kde H_m ... výška podrobného bodu výškopisu;

H_k ... výška téhož bodu z kontrolního měření. [9]

Dosažení stanovené přesnosti se testuje pomocí výběrové směrodatné výškové odchylky s_H vypočtené ze vztahu

$$s_H = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{j=1}^N \Delta H_j^2} \quad (2)$$

kde k ... koeficient, $k = 2$ (měření a kontrolní určení má stejnou přesnost). [9]

Přesnost určení výšek se pokládá za vyhovující, když:

- a) hodnoty rozdílů výšek ΔH vyhovují kritériu

$$|\Delta H| \leq 2u_H \cdot \sqrt{k} \quad (3)$$

- b) výběrová směrodatná výšková odchylka s_H vyhovuje kritériu

$$s_H \leq 3\omega_H \cdot u_H \text{ (na nezpevněném povrchu)} \quad (4)$$

$$s_H \leq \omega_H \cdot u_V \text{ (pro výšky určené z vrstevnic)} \quad (5)$$

kde ω_H ... koeficient, $\omega_H = 1.1$ (pro hladinu významnosti 5%). [9]

Dosažení požadované přesnosti určení výšky podrobných bodů bylo ověřeno porovnáním výšek získaných interpolací z vrstevnic a výšek určených nezávislým měřením kontrolních profilů. Pro obě měření byl použit stejný přístroj a stejná metoda měření. Výpočty byly provedeny v programu MS Excel 2016. Výšky byly vypočteny, resp. interpolovány s cm přesností i když se jedná o nezpevněný terén. Vlivem zaokrouhlování na 1 desetinné místo by mohlo dojít ke zkreslení přesnosti měření.

Žádná hodnota rozdílů výšek z celkového počtu 43 testovaných bodů nepřekročila vypočítaná kritéria. Přesnost výškopisu je vyhovující pro 3. třídu přesnosti. Kompletní

výpočty jsou součástí digitální přílohy 03.4. Shrnutí výsledků testování přesnosti výšek je zobrazeno v tabulce 8.

Tabulka 8: Výsledky testování přesnosti výškového měření

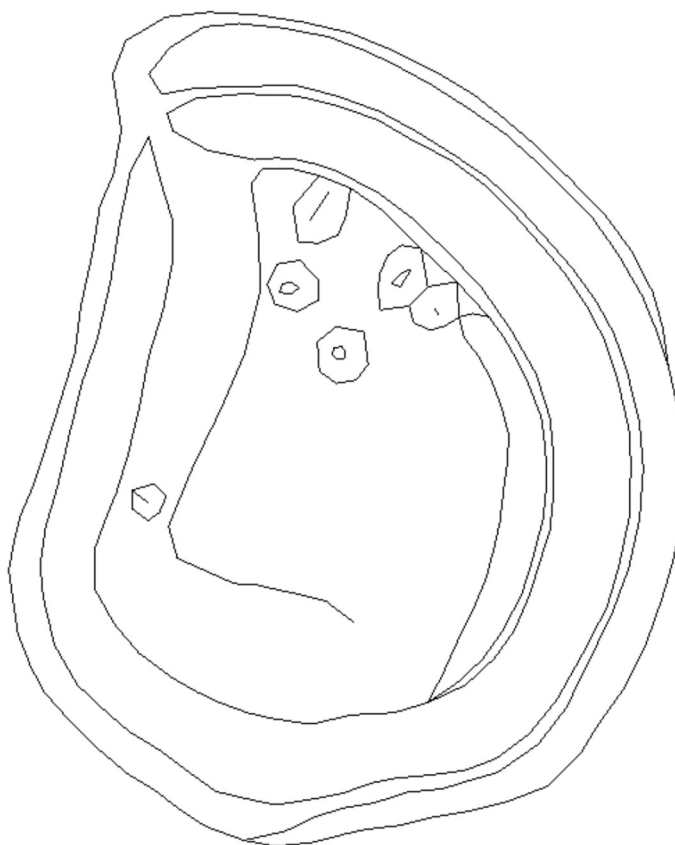
Maximální rozdíl výšek [m]		$\Delta H_{max} = 0.29$
Výběrová směrodatná výšková odchylka [m]		$s_H = 0.10$
1. podmínka		$ \Delta H \leq 0.34$
2. podmínka		$s_H \leq 0.55$
Procentuální splnění podmínek		
vyhovuje	100 %	
nevyhovuje	0 %	

6 Grafické práce

Po zpracování naměřených dat následovalo vytvoření vrstevnicového plánu a digitálního modelu terénu. Vytvořen byl také přehledný náčrt pomocné měřičské sítě, který je součástí digitální přílohy 01.7. V programu Microstation byly vyhotoveny 2 kontrolní profily.

6.1 Vytvoření podkladů pro tvorbu vrstevnic

Ze seznamu souřadnic podrobných bodů pro import do grafického programu byly vynechány všechny identické body. Neležely přímo na terénu, ale nad ním. Většinou se jednalo o značku na pařezu nebo dřevěný kolík. Podrobné body byly pomocí nadstavby softwaru Groma v.11 importovány do programu Microstation PowerDraft V8i. Pomocí kódů jednotlivých bodů byly spojovány terénní hrany, které jsou patrné na obrázku 7.



Obrázek 7: Vykreslené terénní hrany

Pro tvorbu vrstevnic v programu Atlas DMT je nutné si nejprve vhodně upravit vstupní seznam souřadnic. Souřadnice bodů musí být zadány ve formátu: ČB (mezera) Y (mezera) X (mezera) Z. Přípona *.txt musí být změněna na *.pbd. Vzhledem k hustotě měřených bodů v některých částech byly nadbytečné podrobné body vynechány. Nutným krokem je vytvoření souboru s definovanými hranami. Hrany mohou být označeny jako lomové (L) nebo ostrovní (O) – trojúhelníková síť se zde nevytváří. V souboru s hranami pro tvorbu vrstevnic byly použity pouze hrany lomové. K přepisu hran se využije vykreslený výkres v Microstationu. Soubor se uloží s příponou *.psp. [10]

6.2 Generace vrstevnic a tvorba plánu

Import bodů do dokumentu se provede pomocí záložky *Půdorys – Import – Import bodů*. Pro tvorbu pracovních vrstevnic (jen přibližné) byla zvolena funkce *Generace modelu terénu*. Zde byly použity vytvořené soubory *.pbd jako vstupní data bodů a *.psp jako vstupní data spojnic.

Funkce *Výpočet vrstevnic* umožňuje do dokumentu vložit vrstevnice vypočítané. Vzhledem k výškové členitosti terénu byl zvolen interval základních vrstevnic $i = 0.20$ m. Interval zdůrazněných vrstevnic byl zvolen jako pětinasobek vrstevnic základních, tedy po 1 m. Vypočítané vrstevnice byly vyhlazeny a popsány. Dokument byl exportován do formátu *.dxf. Výkres byl dále zpracován v programu Microstation.

Požadovaný výstup práce – vrstevnicový plán byl vytvořen v měřítku 1:250. Pomocí programu MGEO byly do výkresu přidány průřezy sítě pravoúhlých souřadnic S-JTSK. Hradiště bylo umístěno do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Výkres je přiložen k práci a v digitální příloze 04.

6.3 Digitální model terénu

Vizualizace terénní plochy byla realizována v programu Atlas DMT. Byla vytvořena nepravidelná trojúhelníková síť. Výplň trojúhelníkové sítě modelu je tvořena plochami. Vyhlazení plochy bylo nastaveno 15krát, výškové zvětšení 1,5krát. Pro přehlednější zobrazení výškových rozdílů je model zobrazen barevnou hypsometrií s plynulými přechody. Tmavě hnědá barva představuje nejvyšší místa, tmavě zelená barva místa nejnižší. Digitální model terénu je interpretován obrázky z několika různých pohledů na model, uložen je v příloze 05.

6.4 Kontrolní profily

Práce probíhaly v programu Microstation PowerDraft V8i. Přehledný náčrt kontrolních profilů zobrazuje měřené body profilu A (body 1–18) a profilu B (body 101–126). Jako podklad pro lepší orientaci byly do výkresu vloženy vykreslené terénní hrany. Byly vyhotoveny 2 výkresy kontrolních profilů A a B v měřítku 1:250/250 (staničení/výšky). Porovnání je umožněno současným vykreslením profilu určeného z kontrolního měření a z vrstevnic. Na některých bodech jsou výškové rozdíly minimální a kresba obou profilů splývá. Přesnost měření je zde vysoká. Výkresy jsou přiloženy k práci a v digitální příloze 03.6.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vyhotovení vrstevnicového plánu a digitálního modelu terénu pro potřeby Ústavu archeologie a muzeologie Filozofické fakulty Masarykovy univerzity.

V jednotlivých kapitolách, v časové posloupnosti jsou popsány etapy práce. Prvním krokem bylo shromáždění dostupných podkladů a prozkoumání lokality. Z rekognoskace vyplynulo, že pro připojení do polohového systému a výškového systému je nutné vytvořit si body pomocné měřičské sítě technologií GNSS. Následovalo měření polygonového pořadu s připojením na body GNSS. Jelikož bylo nutné současně měřit polohopis i výškopis, pro měření 477 podrobných bodů byla zvolena tachymetrická metoda měření neboli prostorová polární metoda. Po zpracování naměřených dat a vykreslení terénní hran do výkresu byly pro kontrolní určení výškopisu zaměřeny dva kontrolní profily A a B polární metodou. Testování přesnosti práce je součástí digitální přílohy této práce.

Výpočetní práce byly provedeny v programu Groma v.11. Testování přesnosti bylo počítáno v programu MS Excel 2016. Vrstevnice a digitální model terénu byly vygenerovány v programu Atlas DMT. Ostatní grafické práce probíhaly v programu Microstation PowerDraft V8i.

Výstupem práce je vrstevnicový plán v měřítku 1:250 a digitální model terénu hradiště Hrádek u Snovídek. Lokalita hradiště byla umístěna do polohového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Přesnost je vyhovující pro 3. třídu přesnosti.

8 Seznam použité literatury

- [1] BŘEZINA, Vladimír. *Ždánický les a Politaví: setkávání minulosti s přítomností*. Brno: Dobrovolný svazek obcí Ždánický les a Politaví s vydavatelstvím Petr Brázda, 2004. ISBN 80-239-4660-9.
- [2] PLAČEK, Miroslav. *Ilustrovaná encyklopedie moravských hradů, hrádků a tvrzí*. Praha: Libri, 2001. ISBN 80-727-7046-2.
- [3] *Seznam.cz, a.s.: Mapy.cz – Turistická mapa* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?x=16.6333010&y=49.2000010&z=11>
- [4] RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2002. ISBN 80-248-0124-8.
- [5] KRATOCHVÍL, Vlastimil. *Globální navigační satelitní systémy (GNSS)* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2012 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: https://www.fce.vutbr.cz/ged/opvk/inovace/blok_C/GE07/Texty_GNSS.pdf
- [6] ŠTRONER, Martin. *Globální navigační satelitní systémy (GNSS)* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2008 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/vy1/OBS/GNSS_obs.pdf
- [7] PROCHÁZKA, Jaromír. *Sylabus přednášky 8 z Geodézie 1: Souřadnicové výpočty 2* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2015 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/gdz1/prednaska_8.pdf
- [8] NEVOSÁD, Zdeněk a Josef VITÁSEK. *Geodézie III: Průvodce předmětem Geodézie III*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2005.
- [9] ČSN 01 3410 (013410): *Mapy velkých měřítek – Základní a účelové mapy – Část 5 Technické podmínky tvorby a údržby map*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [10] *Atlas, spol. s r.o.: Atlas DMT – Manuály* [online]. [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <http://www.atlasltd.cz/manualy.html>
- [11] ČÚZK: *Databáze bodových polí* [online]. [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <http://bodovapole.cuzk.cz/>
- [12] DEJMAL, Miroslav, Miroslav PLAČEK a kol. *Dokumentace torzálních feudálních sídel*. Brno: Archaia Brno, Masarykova univerzita, 2015. Dostupné z: <http://docplayer.cz/67031129-Dokumentace-torzalnich-feudalnich-sidel.html>
- [13] KALVODA, Petr. *Mapování 1: Přednáška 04 GE10 Podrobné měření.pdf* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <https://lms.fce.vutbr.cz/mod/folder/view.php?id=11570>
- [14] *Trimble Navigation Limited: User Guide – Trimble M3 DR Series – Total Station* [online]. [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-267977/TrimbleM3_DR_1D.pdf

- [15] *Trimble Inc.: User Guide – Trimble R4 – Model 3 GNSS Receiver* [online]. [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-666216/R8-R6-R4_v480A_UserGuide.pdf
- [16] BLAŽEK, Radim a Zdeněk SKOŘEPA. *Geodézie 3: výškopis*. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04358-5.
- [17] KALVODA, Petr. *Mapování 1: Přednáška 04_GE10_Podrobné měření.pdf* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <https://lms.fce.vutbr.cz/mod/folder/view.php?id=11570>
- [18] NEVOSÁD, Zdeněk a Josef VITÁSEK. *Geodézie II: Průvodce předmětem Geodézie II*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2004.

9 Seznam použitých zkratk

S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Baltský po vyrovnání
GNSS	Global navigation satellite systém (Globální navigační satelitní systém)
RTK	Real-time kinematic
GPS	Global Positioning System (Globální polohový systém)
GLONASS	Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistěma
ETRS89	European terrestrial reference systém 1989
ppm	parts per million
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
ČSN	Česká státní norma
PP	Polygonový pořad
PMS	Pomocná měřičská síť
PB	Podrobný bod
KP	Kontrolní profil
SS	Seznam souřadnic
DMT	Digitální model terénu

10 Seznam obrázků a tabulek

10.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: Lokalizace hradiště – širší kontext [3]	11
Obrázek 2: Lokalizace hradiště – detail [3]	12
Obrázek 3: Hrádek u Snovídek – terénní náčrt lokality [2]	13
Obrázek 4: Přijímač Trimble R4 a totální stanice Trimble M3 [14, 15]	14
Obrázek 5: Umístění kontrolního profilu A a B v rámci lokality	18
Obrázek 6: Nastavení měřítkového koeficientu.....	19
Obrázek 7: Vykreslené terénní hrany	23

10.2 Seznam tabulek

Tabulka 1: Technické parametry GNSS přijímače Trimble R4 [15].....	14
Tabulka 2: Technické parametry totální stanice Trimble M3 [14]	14
Tabulka 3: Harmonogram měřičských prací v terénu	15
Tabulka 4: Body pomocné měřičské sítě a jejich způsob určení	16
Tabulka 5: Použité kódy podrobných bodů	17
Tabulka 6: Souřadnice bodů pomocné měřičské sítě.....	20
Tabulka 7: Kritéria přesnosti [9].....	21
Tabulka 8: Výsledky testování přesnosti výškového měření.....	22

11 Seznam příloh

01_PMS

- 01.1_Protokol určení bodů technologií GNSS.pdf (digitálně)
- 01.2_Zápisník měření PP ve 2 polohách.asc (digitálně)
- 01.3_Protokol zpracování zápisníku PP.pdf (digitálně)
- 01.4_Zpracovaný zápisník PP.asc (digitálně)
- 01.5_Protokol o výpočtu PP.pdf (digitálně)
- 01.6_SS stanovisek.txt (digitálně)
- 01.7_Přehledný náčrt PMS.dgn (digitálně)
- 01.7_Přehledný náčrt PMS.pdf (digitálně)

02_Podrobné měření

- 02.1_Zápisník měření PB.asc (digitálně)
- 02.2_Protokol o výpočtu PB.pdf (digitálně)
- 02.3_SS PB.txt (digitálně)
- 02.4_Body.dgn (digitálně)

03_Kontrolní měření

- 03.1_Zápisník měření KP.asc (digitálně)
- 03.2_Protokol o výpočtu bodů KP.pdf (digitálně)
- 03.3_SS bodů KP.txt (digitálně)
- 03.4_Testování přesnosti výšek.pdf (digitálně)
- 03.5_Přehledný náčrt KP.dgn (digitálně)
- 03.5_Přehledný náčrt KP.pdf (digitálně)
- 03.6_KP A a B.dgn (digitálně)
- 03.6_KP A a B.pdf (digitálně i analogově)

04_Vrstevnicový plán

- 04.1_Vrstevnicový plán.dgn (digitálně)
- 04.1_Vrstevnicový plán.pdf (digitálně i analogově)

05_DMT

- 05.1_DMT.pdf (digitálně i analogově)